

СКОРОСТНЫЕ ФИЛЬТРЫ СИГНАЛОВ

Л. Г. Чубриков

Показана возможность фильтрации сигналов по скорости изменения их величины; приведены основные типы, параметры и характеристики скоростных фильтров сигналов; рассмотрены схемы и работа простейших фильтров нижних скоростей, фильтров верхних скоростей, полосовых и заграждающих скоростных фильтров; приведен перечень разработанных различных типов скоростных фильтров сигналов и их применений.

The opportunity of a filtration of signals on speed of change of their size is shown. The basic types, parameters and characteristics of high-speed filters of signals are given. The block diagrams and work of the elementary filters of the bottom speeds, filters of the top speeds, strip and blocking high-speed filters are considered. The list of the developed various types of high-speed filters of signal and their applications is given.

В устройствах измерений, передачи, приема и обработки электрических сигналов в настоящее время преимущественно используется частотный способ фильтрации сигналов, реализуемый при помощи пассивных или активных фильтров. Частотные фильтры пропускают (или не пропускают) сигналы в заданном диапазоне частот и не пропускают (или пропускают) сигналы вне этого частотного диапазона. Такие фильтры работают в области частотных параметров сигнала. Но фильтровать сигналы можно, например, и по скорости изменения напряжения. В заданном диапазоне скоростей, определяемом настройкой, скоростной фильтр пропускает (или не пропускает) сигналы, а вне этого диапазона – не пропускает (или пропускает). Такие фильтры могут работать эффективно при любых формах сигнала, в том числе и по средним значениям контролируемого параметра. Следовательно, скоростные фильтры сигналов имеют значительно большие возможности, чем частотные фильтры, и значительно разнообразнее в аппаратном исполнении.

Теория и схемотехника разнообразных скоростных фильтров сигналов впервые в мире разработаны в Гомельском государственном техническом университете им. П.О. Сухого. Такие фильтры решают задачи выделения сигналов и в тех случаях, в которых частотная фильтрация оказывается непригодной.

Так же, как и в частотной фильтрации, здесь можно выделить четыре основных типа фильтров. Фильтр нижних скоростей (ФНС) – это фильтр, пропускающий только те напряжения, скорости изменения величины которых не превышают скорости настройки фильтра V_{ϕ} . Фильтр верхних скоростей (ФВС) – это фильтр, пропускающий только те напряжения, скорости изменения которых больше скорости настройки фильтра V_{ϕ} . Полосовой скоростной фильтр (ПСФ) – это фильтр, пропускающий только те напряжения, скорости изменения величины которых больше первой скорости настройки фильтра $V_{\phi 1}$, но меньше второй скорости настройки фильтра $V_{\phi 2}$. Заграждающий скоростной фильтр (ЗСФ) – это фильтр, не пропускающий напряжения, скорости изменения величины которых находятся в полосе скоростей от $V_{\phi 1}$ до $V_{\phi 2}$, и пропускающий напряжения, скорости изменения величины которых находятся за пределами этой полосы.

Основным параметром скоростного фильтра является коэффициент передачи

$$S = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}} \text{ при } V = \text{const}, \quad (1)$$

а основной характеристикой является скоростная характеристика (СХ)

$$S = f(V). \quad (2)$$

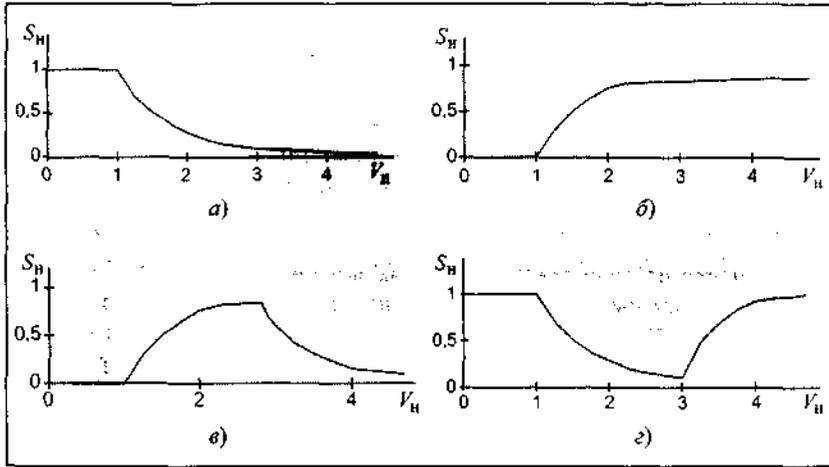


Рис. 1. Нормированные скоростные характеристики: а – ФНС; б – ФВС; в – Фильтр содержит блок вычитания ПФФ; г – ЗСФ

Эта характеристика показывает способность фильтра пропускать напряжение (сигнал) при той или иной скорости изменения его величины. Для нормированных параметров $S_n = \frac{S}{S_{max}}$ и $V_n = \frac{V}{V_\phi}$ на рис. 1 приведены нормированные скоростные характеристики.

На рис. 2 приведена схема простейшего (базового) фильтра верхних и нижних скоростей. Фильтр содержит блок вычитания БВ, компаратор КМ, интегратор ИН, согласующий элемент СЭ.

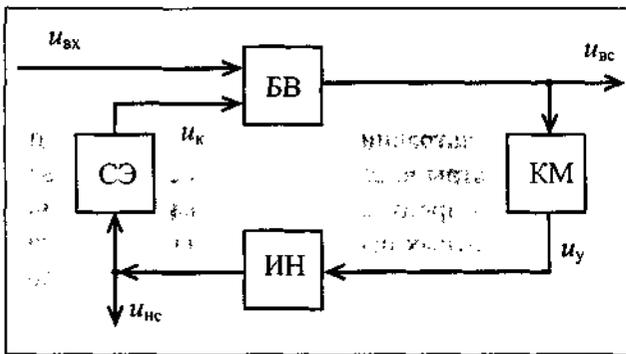


Рис. 2. Схема базового скоростного фильтра

В зависимости от полярности напряжения $u_{вс}$ на выходе БВ, которое является выходным напряжением ФВС, компаратор КМ формирует на своем выходе постоянное по величине напряжение u_y одной или другой полярности. Это управляющее напряжение u_y поступает на вход интегратора ИН, который формирует напряжение $u_{нс}$, изменяющееся во

времени с постоянной скоростью $V_{нс} = V_\phi \frac{1}{q}$,

где q – коэффициент передачи СЭ; V_ϕ – заданная скорость настройки фильтра. Напряжение $u_{нс}$, которое является выходным напряжением ФНС, поступает на вход СЭ, выходное напряжение u_k которого оказывается согласованным с входным напряжением по величине и направлению. Это напряжение u_k (напряжение компенсации) поступает на второй вход БВ, где сравнивается с $u_{вх}$.

Пока $\frac{du_{вх}}{dt} \leq V_\phi$, напряжение u_k успевает полностью компенсировать $u_{вх}$. При этом $u_k = u_{вх}$ и поэтому $u_{вс} = 0$, а $u_{нс} = K_n u_{вх}$, где $K_n = \frac{1}{q}$.

В момент наступления неравенства $\frac{du_{вх}}{dt} > V_\phi$ на выходе ФВС появится напряжение $u_{вс} = K(u_{вх} - u_k)$, где K – коэффициент передачи БВ. При этом $u_{нс}$ будет изменяться согласно уравнению $u_{нс} = U_{нс} + K_n V_\phi t$, где $U_{нс}$ – напряжение на выходе ФНС при $\frac{du_{вх}}{dt} = V_\phi$.

Для улучшения скоростных характеристик ФВС и ФНС используют фильтры с регулируемой крутизной СХ.

Полосовые скоростные фильтры ПФФ собирают при помощи последовательно соединенных базовых ФВС и ФНС или фильтров с регулируемой крутизной СХ.

На рис. 3 приведена схема ПФФ, собранного на базовых ФВС и ФНС. В полосе пропускания ПФФ, т.е. в полосе скоростей $V_{\phi 1} < V < V_{\phi 2}$, напряжение на выходе ПФФ $u_{нс} = K_1 K_{нс 2} u_{вх}$.

Заграждающие скоростные фильтры собирают при помощи параллельно соединенных базовых ФВС и ФНС, или фильтров с регулируемой крутизной СХ.

На рис. 4 приведена схема ЗСФ, собранного на базовых ФВС и ФНС. Для суммирования $u_{вс1}$ и $u_{вс2}$ установлен блок суммирования БС.

Для скоростей сигнала вне полосы задерживания, т.е. $V_{ф1} > V > V_{ф2}$ напряжение $u_{зс}$ при $K_1 = K_{нс2} = K_{ф}$ будет $u_{зс} = K_{бс} K_{ф} u_{вх}$, где $K_{бс}$ – коэффициент передачи БС.

В диапазоне скоростей $V_{ф1} < V < V_{ф2}$ напряжение $u_{зс} \approx 0$.

Для различных областей применения разработан целый ряд различных скоростных фильтров: несимметричные фильтры, фильтры с регулируемой СХ, фильтры с отсечкой, фильтры с управлением по входу, фильтры с коррекцией, фильтры со следящей скоростью настройки, универсальный, интегральный ФВС, фильтр среднего значения, аналого-цифровые среднего значения с динамической компенсацией.

Скоростные фильтры сигналов были использованы в сигнализаторах потока с непрерывной компенсацией помехи, с периодической компенсацией помехи, в интегральном сигнализаторе, в трехпозиционном интегральном сигнализаторе потока, в сигнализаторе быстрого изменения напряжения, при обнаружении одиночных сигналов, при измерении параметров прерывистых процессов, при измерении усилий прокатки, при взвешивании транспортных средств, в электронной няне, выявлении провалов напряжения в сети, в многофункциональном измерительном приборе, в автоматическом потенциометре с узлом компенсации помехи.

- Как видно из вышеизложенного, скоростные фильтры сигналов могут найти широчайшее применение в технике.

Литература

1. Чубриков Л.Г. Скоростные фильтры сигналов: Монография. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2000.

Поступила 17 мая 2005 г.

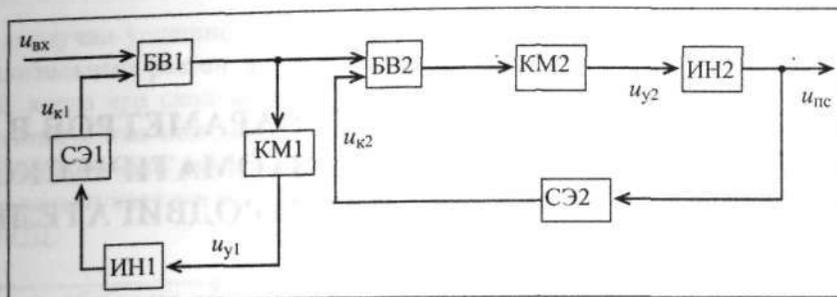


Рис. 3. Схема ПСФ

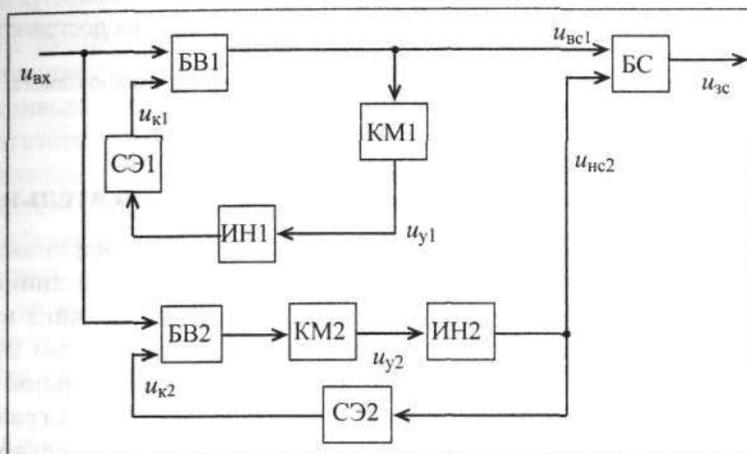


Рис. 4. Схема ЗСФ